

ÉRTEKEZÉSEK

A MATHEMATIKAI TUDOMÁNYOK KÖRÉBŐL.

A III. OSZTÁLY RENDELETÉBŐL

SZERKESZTI

SZABÓ JÓZSEF

OSZTÁLYTITKÁR.

XV. KÖTET. 5. SZÁM.

AZ ENERGIATAN ALAPJAIRÓL.

HELLER ÁGOST

R. TAGTÓL.

(SZÉKFOGLALÓ ÉRTEKEZÉS. OLVASTATOTT 1894. ÁPRILIS 23-ÁN.)

Ára 15 kr.

BUDAPEST.

KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA.

1894.

Eddig külön megjelent

É R T E K E Z É S E K

a matematikai tudományok köréből.

Első kötet. — Második kötet. — Harmadik kötet. — Negyedik kötet.

Ötödik kötet.

M. ACADEMIA
KÖNYVTÁRA

Hatodik kötet.

I. Konkoly Miklós. Hulló csillagok megfigyelése a magyar korona területén I. rész. 1871—1873. Ára 20 kr. — II. Konkoly Miklós. Hulló csillagok megfigyelése a magyar korona területén. II. rész. 1874—1876. Ára 20 kr. — III. Az 1874. V. (Borelly-féle) Üstökös definitív pályaszámítása. Közlik dr. Gruber Lajos és Kurländer Ignác kir. observatorok. 10 kr. — IV. Schenzl Guido. Lehajlás meghatározások Budapesten és Magyarország délkeleti részében. 20 kr. — V. Gruber Lajos. A november-havi hullócsillagokról 20 kr. — VI. Konkoly Miklós. Hulló csillagok megfigyelése a magyar korona területén 1877-ik évben. III. Rész. Ára 20 kr. — VII. Konkoly Miklós. A napfoltok és a napfelületének kinézése 1877-ben. Ára 20 kr. — VIII. Konkoly Miklós. Mercur átvonulás a nap előtt. Megfigyeltetett az ó-gyallai csillagdán 1878. május 6-án 10 kr.

Hetedik kötet.

I. Konkoly Miklós. Mars felületének megfigyelése az ó-gyallai csillagdán az 1877-iki oppositio után. Egy táblával. 10 kr. — Konkoly Miklós. Álló csillagok színképének mappirozása. 10 kr. — III. Konkoly Miklós. Hullócsillagok megfigyelése a magyar korona területén 1878-ban IV. rész. Ára 10 kr. — IV. Konkoly Miklós. A nap felületének megfigyelése 1878-ban ó-gyallai csillagdán. 10 kr. — VI. Hunyady Jenő. A Möbius-féle kritériumokról a kúpszeletek elméletében 10 kr. — VI. Konkoly Miklós. Spectroscopicus megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón 10 kr. — VIII. Dr. Weinek László. Az instrumentális fényhajlás szerepe és Vénusz-átvonulás photographiai felvételénél 20 kr. — IX. Suppan Vilmos. Kúp- és hengerfelületek önálló ferde vetítésben. (Két táblával.) 10 kr. — X. Dr. Konek Sándor. Emlékbeszéd Weninger Vincze l. t. fölött. 10 kr. — XI. Konkoly Miklós. Hullócsillagok megfigyelése a magyar korona területén 1879-ben. 10 kr. — XII. Konkoly Miklós. Hullócsillagok radiatio pontjai, levezetve a magyar korona területén tett megfigyelésekből 1871—1878. végéig 20 kr. — XIII. Konkoly Miklós. Napfoltok megfigyelése az ó-gyallai csillagvizsgálón 1879-ben. (Egy tábla rajzzal.) 30 kr. — XIV. Konkoly Miklós. Adatok Jupiter és Mars physikájához, 1879. (Három tábla rajzzal.) 30 kr. — XV. Réthy Mór. A fény törése és visszaverése homogén isotrop átlátszó testek határán. Neumann módszerének általánosításával és bővítésével. (Székf. ért.) 10 kr. — XVI. Réthy Mór. A sarkított fényreflexés elhajlító rács által való forgatásának magyarázata, különös tekintettel Fröhlich észleleteire. 10 kr. — XVII. Szily Kálmán. A telített gőz nyomásának törvényéről. 10 kr. — XVIII. Hunyady Jenő. Másodfoku görbék és felületek meghatározásáról. 20 kr. — XIX. Hunyady Jenő. Tételek azon determinánsokról, melyek elemei adjungált rendszerek elemeiből vannak componálva. 20 kr. — XX. Dr. Fröhlich Izor. Az állandó elektromos áramlások elméletéhez. 20 kr. — XXI. Hunyady Jenő. Tételek a componált determinánsoknak egy különös neméről. 10 kr. — XXII. König Gyula. A raczionális függvények általános elméletéhez. 10 kr. — XXIII. Silberstein Salamon. Vonalgeometriai tanulmányok 20 kr. — XXIV. Hunyady János. A Steiner-féle kritériumról a kúp-

ÉRTEKEZÉSEK

A MATHEM. TUDOMÁNYOK KÖRÉBŐL

KIADJA A MAGYAR TUD. AKADEMIA.

A III. OSZTÁLY RENDELETÉBŐL

SZERKESZTI

KÖNIG GYULA

OSZTÁLYTITKÁR.

M. ACADEMIA
KÖNYVTÁRA

AZ ENERGIATAN ALAPJAIRÓL.

HELLER ÁGOST, r. tagtól.

(Székfoglaló értekezés. Olvastatott 1894. április 23-án.)

Az elméleti physikában az utolsó két évszázadban tett legnagyobb és legfontosabb fölfedezés kétségkívül az energia egyenértékű átváltozásának és mennyiség tekintetében állandó voltának a fölfedezése. Oly fölfedezés az, melylyel fontosság tekintetében csak a dinamika fölfedezését lehet összehasonlítani, mely kezdetét vette az egyenletesen gyorsuló mozgás tanulmányozásával és a gyorsító erő fogalmának megállapításával és befejezését nyerte a gravitatiomechanika és a mechanika általános problémájának felállításával és analytikai tárgyalásával.

Valamely tudományos fogalom szerkezete híven tükrözteti keletkezésének és fejlődésének történetét. Ezt az energia fogalmán is tapasztaljuk, azon fogalmon, melyet csak a legújabb időben ismertek el physikai gondolkodásunk alapfogalmának.

Azok a fogalmak, melyeket szüntelenül táguló ismeretünk körébe lépő tapasztalásaink egybekötésére használunk, időről-időre szűknek bizonyulnak, úgy hogy az újabb tapasztalások eredményeit már be nem fogadhatják. Az ilyen megesontosodott fogalmak valóságos nyüggé lesznek a tudomány fejlődésében, mire a physika története is elég példát nyújt.

A tudományban megalkotott fogalomtól ezért megkívánjuk, hogy fejlődésképes legyen és hogy elejtessék, mihelyt fejlődés-

képességének határára ért és a megváltoztatott nézeteknek már nem felel meg. Ez a meggondolás az alapfogalmaknak időnként teljesítendő revisióját tételezi fel, a mi ismét a physikai alapfogalmak és eszmék keletkezésének és fejlődésének ismeretét kívánja.

Ily revisióra unszol bennünket a physika tudományának jelenlegi állapota is, minthogy éppen most fejlődésének nagy jelentőségű korszakába lépett. A befejezett fejlődési periodus a dinamika megalkotásával veszi kezdetét. GALILEI a szabad esés tünényéből indult ki, azért csak a gyorsító erő fogalmát bírta megalkotni. A physikai inga és az ütközés problémáinak tárgyalása alapította meg a mozgató erő fogalmát, melyet a Newton-féle elmélet a physikai gondolkodásnak mintegy középpontjává tett.

GALILEI csakis egy test dynamikájával foglalkozott. A több testre vonatkozó feladatokat HUYGENS tárgyalta sikeresen; teljesen megállapította a tömeg fogalmát NEWTON, kinek 1687-ben megjelent főművében a tömeg és a hatás és ellenhatás elve szoros kapcsolatban jelenik meg.

Ekként jutott a dynamikába oly fogalom, mely tulajdonképen a kölcsönös hatás tényezőjeként jelenik meg. Oly fogalom ez, mely némileg kétes szerepet visz, minthogy a physikában az erő és az anyag dualismusát honosította meg. Tényleg nem egyéb a tömeg, mint az energiának egyik arányossági tényezője, melynek tulajdonkép csak a mechanikai energia terén van jelentősége. Az elméleti physika fejlődése hozta magával, hogy a tömeg fogalmát a hő, elektromosság és magnesség terére is áttöltették, miáltal csakis zavart okoztak és hamis következtetéseket vontak.

Nagyot tévednénk, ha azt tételeznők fel, hogy a physika, a mechanika vagy akármely más tudomány a legrövidebb és legczélszerűbb úton jutott el azon pontra, melyen mi azt ismerjük. Számos tényező, ezek között a tudományról foglalkozó személyek szellemi sajátosságai, bizonyos pályát tűznek ki, melyen a fejlődésnek meg kell történnie. A mechanika fejlődése sem volt az egyedül lehetséges, minthogy a tényleges fejlődési menet csak egyik esete a sokféle lehetséges eseteknek. Mindenképen azonban meddő kísérlet volna, ha a mechanika fejlődésének virtuális, azaz lehetséges utjait kutatnók.

Kiindulván a statikai erő fogalmából, származott a gyorsító és a mozgató erő fogalma. Csak hosszú vajudás után derült ki, hogy van az erőnél magasabb rendű fogalom és hosszadalmas vitatkozások után jutottak el az eleven erő és a munka mértékének és végül az *energia* fogalmának helyes és világos ismeretéhez. De csak nagyon későn jöttek rá, hogy az energia a fizikának ősi principiuma, mely lényegében sokkal függetlenebb, mint akár az erő, akár a tömeg fogalma.

Az energia jelentőségét a mechanikai problémák tárgyalásában csak a legújabb korban fogták fel helyesen. Azelőtt inkább csak mint szabályozó-principium szerepelt, mint bizonyos természetű mechanikai erők egyik nevezetes tulajdonsága. A Galilei- és Huygens-féle mondás, hogy «*gravia sursum non ferri*» a helyes mechanikai érzésnek volt csupán a kifejezése, valamint más, a mechanikai perpetuum mobile lehetetlenségére vonatkozó nézetek.

Azon virtuális utak között, melyeket a mechanika fejlődése számára gondolni lehetne, tényyné vált az, mely leginkább alkalmas volt arra, hogy az energia fogalmának lényege hosszabb időre elfödessék. Egyik okát már a Galilei-féle kiindulásban találhatjuk. Galilei eredetileg az egyenletesen gyorsuló mozgást illetőleg a $v = as$ képletből indult ki, azaz az eső test sebességét arányossá tette a leirt úttal. Midőn arról győződött meg, hogy ez a feltevés képtelen eredményre vezet, elfogadta és kísérletileg is igazolta a $v = at$ helyes feltevést, mely szerint tehát a sebesség az idővel arányos. MACH megjegyzi, hogy a mechanika esetleg más pályán indult volna, oly pályán, mely az energia fogalmának felismeréséhez rövidebb úton vezetett volna, ha Galilei Kepler átható matematikai tekintetével bírván, a $v = \sqrt{as}$ kifejezésből kiindult s így egyenesen az eleven erő kifejezésére jutott volna.

Annai bizonyos, hogy GALILEI, de különösen HUYGENS, az energia fogalmának megállapításához sokkal közelebb állott, mint NEWTON, ki a mechanikai felfogásnak hosszú időre bizonyos irányt jelölt ki.

Egy másik, igen lényeges ok, melynek az energia fogalmának késő felismerését tulajdoníthatjuk, a mechanikának analitikai formulázása, melyben az energia gondolat iránti érzés tel-

jesen kiveszett. Csak itt-ott csillan fel a fogalom jelentőségének tudata. A philosophusok között JOHN TOLAND látja először az «actió»-ban vagy energiában minden anyagnak szükséges tulajdonságát, miáltal az anyag és erő közötti dualismus megszűnik és egységes, monistikus nézetnek helyt enged, s ez a nézet a philosophiából azóta nem is veszett ki teljesen.

Az analitikai mechanika felállítására és kiépítésére oly matematikai módszerek állottak rendelkezésre, melyek természetüknél fogva a dolog lényegének megfelelő, teljesen adaequat megfejtését nem engedték meg. A *coordinata geometria* tisztán térbeli viszonyok feltüntetésére van rendelve; az *infinitesimal-számítás* folytonos függvények tárgyalására alkalmas, s ekként a kinematikai feladatoknak teljesen megfelelő; a dinamikai problémák tárgyalására megfelelő módszerrel azonban nem rendelkezünk. A fejtegetendő tárgy és a matematikai készülék disparat volta szembeötlő, ha tekintetbe vesszük, hogy milyen nehézkesen fejezhetők ki a mechanikának axiomaszerű tételei, mint pl. a súlypont mozgásának megtartása tétele, vagy még feltünőbb ez a felületek elvén, holott ezek a tételek egyebet nem fejeznek ki, mint az anyag tehetetlenségének alaptörvényét.

A matematika története a mechanika történetével szoros kapcsolatban áll. Már NEWTON mondja a «Principia» előszavában: «Fundatur igitur Geometria in praxi Mechanica, et nihil aliud est quam Mechanicæ universalis pars illa, quæ artem mensurandi accurate proponit ac demonstrat».

Az infinitesimal-analysis feltalálása pedig egyenesen leszarmaztatható a mechanika nyújtotta szükségletekből. Mindenesetre érdekes feladat volna a matematikai apparatus rátermettségét vizsgálni a physikai problémák megfejtését illetőleg.

Mint a physika főproblemája tekinthető az energiát illető változások tanulmányozása. Az energia változása tér- és időbeli. Szemelőtt tartandó mindig, hogy az energia elsőrendű, az anyag ellenben a másodrendű fogalom. Valamint FARADAY elsőrendűnek tartja az elektromosság erőhatását, melynek valósága kérdésbe nem jöhet, holott maga az elektromosság vagy mágnesség létezése fölött vitatkozni lehetne, úgy az anyag is csak mint problema ismeretes, holott a belőle kiinduló energia érzéki realitással bir. A természetnek az a naiv felfogása, mely szerint minden,

a mi érzéki benyomásokat okoz, egyszermind kézzel fogható tárgy volna, a tudományban már sok kárt okozott és fejlődését gátolta. Ezen forrásból került ki az imponderabiliák physikája is, mely annyi ideig a tudomány fejlődésének útját állta.

Ha ekként arra nézve tisztába jöttünk, hogy a physikai tünetmenyeknek, sőt az egész természetnek, s talán az összes szellemi tünetmenyeknek is, egyedüli substratuma az energia, melynek térben és időben végbemenő változásaival foglalkozunk, akkor iparkodnunk kell ezt a fogalmat, függetlenül matematikai jelzésétől, felfogni.

Az energia ennél fogva nem mechanikai, de ép oly kevésbé elektromos vagy egyéb physikai mennyiség. Az energia a természetnek oly principiuma, melynek változásait tér és idő szerint kifejezhetjük ugyan, de lényegét matematikai alakba foglalni nem lehet. A quantitas csak extensiv dolgot fejezhet ki, mert ez közvetlenül mérhető; az intensív dolog csak átvitt értelemben mérhető.

A tünetmenyvilág minden terén mint önálló, más elemekre vissza nem vezethető három principiális, tehát minden egyébtől független, dolog előfordul: a *tér*, az *idő* és az *energia*.

A két első, KANT felfogása szerint, melyet bizonyos értelmezéssel mi is magunkénak vallhatunk, az a két elem, melyben a külvilági dolgokat felfogni és azokat gondolkodásunkban egybevetni egyáltalában képesek vagyunk. Az energia pedig a nagy ismeretlen, melyben a külvilág reánk való hatása nyilvánul. Más, ily általános érvényességű fogalom nem létezik. Melegség, mechanikai munka, elektromos kisütés stb., ez mind csak jelenség, mely az energiának egyik helyről másikra való átmenelekor mutatkozik, de nem szabad ezt a megjelenést magával az energiával, tehát a dologgal magában véve, összetéveszteni.

Azt lehet mondani, hogy mai nap majdnem általánosan elfogadott az a nézet, mintha a physika főfeladata volna az összes tünetmenyeket mechanikai tünetmenyekre visszavezetni. A hőgépekben a felhasznált meleg és a létrehozott mechanikai munka között létező szembeötlő kapcsolat a tudósokat arra vezette, hogy a hő lényegét a testek legkisebb részeinek rezgési energiájában lássák. Így keletkezett a gázok kinetikai elmélete, így eredt számos kifejezés, mint pl. «a hő mint a mozgás egyik

neme» s több efféle, melyet általánosan felkaptak, és melyet sokan helyesnek tekintenek.

Ily viszonyok között talán a merészségnek bizonyos foka kívántatik, hogy ha valaki — ha nem is mint első — e népszerű nézet ellen emeli felszavát és annak a kimutatására vállalkozik, hogy a mechanikai jelenség lényegében ép annyira megfoghatóan, mint akármely más, kielégítő pontossággal leírt alap-tünemény.

A physikának a mechanikai felfogásra czélzó iránya ugyan még akkor sem volna igazolva, ha a mechanikai tünemény az emberi felfogással teljesen adæquat volna. De akkor lehetne még bizonyos jogosultsággal ezt az emberi elméből következő argumentumot elfogadni. A dolog azonban úgy áll, hogy a mechanikai felfogás erről az oldalról sem nyújt előnyt a többi felett.

A mechanikai folyamatokat rendesen mint a térben és időben történő folyamatokat fogják fel. Ez a felfogás azonban nem eléggé szabatos. A meddig feltételezem, hogy az, a mi mozog, a tünemény változatlan elemét képezze, a tiszta kinematika terén maradok; az itt előforduló problémák, hacsak matematikai nehézségek nem forognak fenn, teljesen átérthetők. Másképen áll azonban a dolog a dinamikai problémákra nézve, azaz midőn a mozgásnak másik eleme: a tárgy is változik. Ez esetben marad egy ismeretlen transcendentális elem, melyet különféle magyarázati kísérlettel kiküszöbölni próbáltak, vagy az «*actio in distans*», vagy a «*vis a tergo*» hypothesis segítségével, a nélkül azonban, hogy ez sikerült volna.

Arra, hogy az egyik anyagrész mozgása a másikat vonja maga után, két főfolyamat képzelhető: vagy az, midőn az egyik anyagrész mozgása a másikat vonja maga után a két részt összekötő vonal irányában, vagy midőn az egyik anyagrész a másikkal mozgási pályáján találkozik, mire mozgásuk kölcsönösen megváltozik. Az első föltevés a régtől fogva megütközést szült és perhorrescált «*actio in distans*», a közvetítés nélkül való távolbahatás, mely szerint az anyag hatása egy tőle távoleső helyen érvényesülne. Ezen nézet ellen már maga NEWTON is óvást tett, csak hogy jobbat nem tudván nyújtani, egyszerűen azzal segített magán, hogy jobb nézet vagy magyarázat kitalálását olvasóira bízta.

A közvetítés nélkül való távolbahatás képtelenségén természetesen az sem változtat semmit, ha a távolságot végtelen kicsinynek vesszük fel. A második, látszólag érzéki uton, teljesen felfogható hatás az impetus, a «vis a tergo», melyet a mechanikai világnézet a legutóbbi időkig biztos menedékhelynek tekint. Ha azonban az ezen felfogáson alapuló nézeteket szemügyre vesszük, kérelhetetlenül ki kell nyilatkoztatnunk, hogy ez uton ép oly kevéssé lehetséges a mechanikai folyamatoknak észszel való felfogása, még ha az anyag áthatatlanságát dogmaszerűen oda is állítjuk; többet az ütközés dinamikai tárgyalásában nem érhetünk el, mint hogy az ütközés közben a sebességek változnak, még pedig az eredeti sebességektől és az ütköző anyagrészek bizonyos tényezőjétől függő módon, mely utóbbinak nagyságát ép az ütközés okozta mozgási viszonyokból szoktuk meghatározni. Ily módon a természetben soha el nem érhető határesekre nézve kiszámíthatjuk a megváltoztatott sebességek értékét, azon esetekre ugyanis, melyekben az ütközés után az anyagrészek állapota teljesen megegyező az ütközés előttivel. Tudjuk azonban, hogy ezek az esetek a valóságban nem léteznek, és hogy a valóságban előforduló esetek ama schematikus esetekkel csakis egy esetről-esetre tapasztalati uton megállapítandó tényező segítségével egyeztetethetők ki.

De ha közelebbről szemügyre vesszük az impetus mechanizmusát, azonnal meggyőződünk, hogy ez a folyamat egy parányival sem érthetőbb, mint a közvetítés nélkül való távolbahatás, sőt hogy evvel tulajdonképp lényegében megegyező. Mert vagy azt kell föltételeznünk, hogy az ütköző tömegek legkisebb részei tényleg az érintkezésig jutnak, akkor az ütközés a testek összetömörülésére vezetne, a mi a tapasztalatnak egyáltalában nem felel meg, vagy bizonyos távolbaható erőket kell a testek részei között föltételeznünk, melyek a lökődő testek részeinek közvetlen érintése előtt már érvényesülnek, miáltal ismét a közvetítés nélküli távolbahatás esete forogna fenn.

Szóval az anyagrészek egymásra való hatása akár «actio in distans», akár «vis a tergo» alakjában képzeljük azt, egyaránt felfoghatatlan. Látjuk az integrális hatást, de nem képzelhetünk oly elemi folyamatot, melyből e hatást összegezni lehetne. Nem szenved kétséget, hogy felállíthatunk oly differentiális egyenlete-

ket, melyeknek bizonyos alkalmas — a tényeknek megfelelő — határok között vett integrálásuk tapasztalás útján igazolható eredményeket ad. De vajjon következik-e abból, ha az integrális kifejezés a tényeknek megfelel, hogy a kiindulásul szolgáló differenciális kifejezés is megfelel a tünemény valóságos elemi viszonyainak? Bizonyára nem. És nincs is módunkban, hogy az elemi folyamatokra nézve tapasztalatilag igazolt föltevést tehetnénk, minthogy ezek a folyamatok érzeink számára örök időkre hozzáférhetetlenek.

Ugyanez áll mindazokra a conceptiokra, melyeket az elemi folyamatok magyarázatára felállítottak. Teljesen megfelelő matematikai elméletek azok, melyek a tünemények kapcsolatának formulázására kitűnő szolgálatot tesznek, de a melyeknek semmi szín alatt sem tulajdoníthatunk physikai realitást.

Ezen a helyen szükségesnek mutatkozik, hogy hivatkozzunk egy, eddigelé kevésbé méltatott, mindamellett fontos ismerettani igazságra, értem a *metaphoricus* elemet a tudományban.

Goethe mondja: «Der Mensch begreift niemals, wie anthropomorphisch er ist». A nyelvben, valamint az emberi ész valamennyi alkotmányában, a *metaphora* nagy szerepet visz, kezdve a mythologiai képzetektől, melyek a soha el nem képzelhetőt, a mi minden érzéki felfogáson túl fekszik, érzéki képekben, symbolokban akarják kifejezni, folytatva a költői és minden egyéb, akármi néven nevezendő képzeteken keresztül. Maga a nyelv, mely a közönséges élet, a reális valóság és testünk állapotainak elzése céljából keletkezett, nem talál szabatos kifejezést elvont, új fogalmak számára, azért kell neki oly szavakat lefoglalni, melyek csupán csak metaphoricus értelemben használhatók. A tudományban, a fogalmak birodalmában a metaphora különféle fajai között majdnem kivétel nélkül csak az jön tekintetbe, melyet ARISTOTELES, mai napig mintaszerű osztályozásában, a metaphorák negyedik és utolsó csoportjába helyezett, melyet «*κατὰ τὸ ἀνάλογον*»-nak nevezett, az *analógia* vagy *proportio*.

Végzetes tévedés azt hinni, hogy az ember gondolkodó készüléke működhetik a nélkül, hogy a szellemi tevékenység többi facultásait egyidejűleg is működésbe hozza. Gondolkodásunk anyagát az érzéki benyomások alkotják. Ezeket azonban nemcsak gondolkodó tehetségünk dolgozza fel, hanem egyszer-

smind a soha nem nyugvó képzelő tehetség is. Innén van a metaphoricus elem gondolkodásunkban, melyet teljesen kizárni képtelenek vagyunk. Igen jellemzően mondja BIESE ALFRÉD a metaphoricus philosophiájáról szóló kis művében: «Es führt keine andere Brücke von dem Denken zum Sein, als die Analogie.»*

A philosophia története elég találó példát mutat arra nézve, hogy milyen nagy befolyás jutott mindenkoron a tisztán gondolkodó tehetség mellett a szellem többi facultásainak. A tisztán logikai kategóriák szerint működő gondolkodás mellett ott serénykedik a képzelet, a phantasia, mely mindenütt, a hol a tiszta logikai folyamat megakad, észrevétlenül beiktat egy láncszemet a maga gyártmányából. Sőt a képzelőtehetség már ott áll lesben, hol a nyers érzéki benyomásokból az érzéki észbevevés készül, és annak gyakran hamis magyarázatát okozza.

Mint már előbb említettük, a metaphorának a tudományban, tehát a physikában is leginkább használtalakja az analogia. Az erőket vagy forgató momentumokat p. o. egyenes vonalakkal ábrázoljuk, azaz intensiv mennyiséget extensívvel fejezünk ki. Ezt az eljárást számtalan esetben követjük. Bizonyos határok között áll az analogia, és a belőle vont következtetések helyesek, azonban soha sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy vajjon nem léptük-e még át az érvényesség régióját.

Szükségesnek mutatkozik ennél fogva a tudományos fogalmak fejlődésmenetét kritikai szemmel követni, hogy ekként észrevegyük, mikor kezd kilépni a fogalom az analogia szabta keretből.

A mi az egyes fogalomalkotásokról áll, az áll az egész elméletekről is. A nemrég meghalt physikus, HERTZ igen szépen mondja: Az elmélet csak mez, melynek szabását és színét szabadon választhatjuk; de ez jól megkülönböztetendő az egyszerű alaktól, melyet a természet élénk vezet, s melynek formáin önkényünkől semmit nem változtathatunk.

Ennél fogva nem is várhatjuk, hogy az elmélet kifejezze a tünemény lényegét, melyről mit sem tudunk, ép oly kevéssé, a

* ALFRED BIESE. Die Philosophie des Metaphorischen. Hamburg 1893, pag. 106.

mint — hogy HERTZ hasonlata mellett maradjunk — a ruha teljesen visszaadja a tőle befödött emberi test alakjait. Többé-kevésbé hozzásimul ugyan, de csak nagyjából, úgy hogy redői csak a főbb vonásokat jellemzik. Még oly elméletre sem habozom ezt kimondani, mely mint az atomelmélet, ma még annyira nélkülözhetetlenek látszik. Mint sok más, mely végre is a történeti gyűjteménybe került, úgy fog járni ez az elmélet is, mely megújítása óta, immár harmadfél század óta, a tudománynak igen jó szolgáltatokat tett, de elvégre fejlődését követni nem bírja. Mert az elméletnek egyedüli rendeltetése, hogy a tűneményeket fel-foghatóvá tegye, vagy a mint a görög philosophusok ezt igen találóan kifejezték: «σώζειν τὰ φαινόμενα» megmenteni, azaz megmagyarázni a jelenségeket.

A physikai tűnemények megmagyarázására felállított elméletekben igen jól láthatjuk, miként működött a metaphoricus befo-lyás azok megállapításakor. Másképen áll a dolog az elméleti physikában a jelenségek elméletét matematikai alakban kifejező egyenletekre nézve. Ezek az egyenletek egyáltalában nem alkal-masak arra, hogy a jelenségek magyarázatára szolgáljanak. Mert a matematikai kifejezés csak quantitativ vonatkozásokat fejez ki oly tények között, melyeknek physikai jelentőségére nézve különféle nézeteket állíthatunk fel, ha ezen vonatkozások csakis a tapasztalatnak felelnek meg. Ezen föltétel mellett a mathema-tikai kifejezés az elmélettől teljesen független.

Igy p. o. Bior a Fresnelféle undulatio-elméletnek haláláig ellensége volt, azért mégis beismerte, hogy a FRESNEL-től felál-lított differential-egyenletek érvényöket örök időre meg fogják tartani.

Azért nem is szabad a képletből többet kiolvasni, mint a mennyit beléje fektettünk és nem szabad tőle várnunk, hogy a tűneményre nézve újat mondjon, mielőtt a belőle vont követke-zetés helyességéről nem győződünk meg tapasztalati úton. Két-séget sem szenved, hogy azért a matematikai kifejezés szolgál-hat útmutatóul új, eddig ismeretlen tények fölfedezésére is, legyen elég itt csupán a conicus refractio esetére utalni.

Igen jó példát szolgáltat az előbb említettekre az úgynevezett absolut mértékrendszer kérdése. A mechanikai erőhatás analogiá-jából kiindulva, GAUSS a mágnesi vonzás és taszítás erejének

mérésére a hossz-, idő- és tömegegység függvényeként egy egészet alkotott, melyet később minden más physikai tűneménykörre átvittek. A mechanika körében ez a mértékegység egyértelmű jelentőséggel bír, hiszen innen vette eredetét. De már p. o. az elektromosságban, a mint az elektromos töltéseknek egymásra való hatásából vagy az áram magnetikai hatásából kiindulok, két egymástól különböző mértékrendszert kapok. Mind a két esetben a megméréndő mennyiség a tömeg, hossz és idő valamely algebrai függvényében fejeztetik ki. Gyakorlati czélokra kétségtelenül igen hasznos, de physikai értelme nincsen. Mert ha azt mondom, hogy valamely physikailag szabatosan definiálható mennyiség a gramm tömegének harmadfél hatványával stb. ér föl, ezzel ugyan semmiféle physikai értelmet nem kapcsolhatok össze. Különben a mérésre ugy sem szükséges, hogy a megméréndő dolog egynemű legyen a mértékkel. A pénz mértéke az árú értékének, az óramutató forgási szöge bizonyos időtartam mértéke stb.

A physika története számos példában mutatja, hogy e tudomány sokat köszön az analogia-következtetéseknek. Ép a legnagyobb fölfedezések nem a szigorú logikai kategóriában következtek, hanem a képzelő tehetségtől találó analogiákkal támogatott gondolkodásnak eredményei. Sok esetben sikerül később a logikai folytonosságot helyreállítani, de elég gyakran kell metaphoricus értékű eredménynyel megelégednünk. Mindenkor fontos azonban, hogy tisztában legyünk azzal, mennyi a tapasztalatilag igazolható valóság, és mi az eddigelé vagy egyáltalában nem igazolható föltevés.

Az ezen irányban eszközölt kritikai vizsgálat szüksége különösen akkor forog fenn, midőn — mint ez a mi napjainkban történik — a tudomány alapfelfogásaiban nagy átalakulások mennek végbe. Mert a physika, mióta az energia fogalmának jelentősége tisztán kidomborodik, az energiatanban találja kanon-ját, a mint azelőtt ily kanon-t alkotott a dinamika az úgynevezett mechanikai tűneménykörökre. Láttuk, hogy az energia fogalmának igazi jelentőségével csak későn ismerkedtek meg. A leginkább tárgyalt két tipikus mechanikai folyamatban: a tömegvonzás és az ütközés tűneményében az energia csupán csak mint regulatív elv szerepelt. Nem is a physikai kutatás részéről jött az első im-

pulsus az energia fogalmának helyes felfogását illetőleg. ROBERT MAYER, a physiologiai anyagszere bonyodalmas folyamatából indulva ki, inkább philosophiai, mint physikai okokat latolgatva, akarta a physikát egy új alaptörvénnyel gazdagítani. A mechanika alapismereteiben járatlan fiatal orvos fölfedezésénck jelentőségét a physika számára, különösen a physikusok nem ismerték fel, mindaddig, míg nem JOULE kísérletei és HELMHOLTZ matematikai fejtegetései nyomán az új igazságot oly alakba hozták, melyben ez a megszokott felfogásnak megfelelt.

Az energia fogalmát assimiláló ezen folyamat után következett az az időszak, melyben a mechanikai felfogást először a hőtüneményekre, ezután majd minden tüneménykörre iparkodtak alkalmazni. Kétséget nem szenved, hogy a mechanikai tünemények, mint aránylagos egyszerű és érzéki úton legtovább követhető folyamatok, typusként használhatók a tünemények összességével szemben, csak hogy ebből a tényből nem szabad az összes tünemények mechanikai természetére következtetnünk. A szabadon eső nehéz test a Föld felé irányuló, gyorsuló mozgása, az elektromosságnak hőhatástól kísért kisütése, ez mind csak a tünemény, az érzéki benyomás, mely mögött az érzékeink előtt elrejtőző energia lényege lappang. Az energia pedig magában véve ép oly kevésbé bir mechanikai, mint teszem elektromos természettel, hanem az időben végbemenő helyváltozásai által okozója mindezen tüneményeknek. Az energia mindenesetre egyféle és a különféle tünemények ezen egyféle energia külön természetű nyilatkozatai. A mechanika analytikai tárgyalásából keletkezett felosztása az energiának helyzeti és mozgási energiává nem a dolog lényegében alapuló különbség. A meddig a mozgás a potential-niveauhoz érintőleges irányban történik, a helyzet energiája változatlan marad, a mint azonban a mozgás a potential-niveau felületeket bármely kis szög alatt áttöri, a helyzet és a mozgás energiája közötti viszony megváltozik, oly módon, hogy az összeg változatlan maradjon.

Az energia jelenleg a physikai kutatás középpontjában áll. Mellette, mint egyenrangú két fogalmat találjuk a tért és az időt. Míg az energia a tünemény létrejövetelében az objectiv elemet adja, addig a tér- és időben való gondolkodás a subjectiv elemet szolgáltatja. Ekként e két elem áthatásából jön létre a tünemény

ismerettani alapja. Az elméleti physika feladatát pedig a következőkben foglalhatjuk össze: Felállítandó a differential-egyenleteknek rendszere, mely a mechanika alapegyenleteinek mintájára a physika általános problémáját magában foglalja. Ezekben az egyenletekben minden esetre befoglaltatnának a térnek az idő szerint és az energiának a tér és idő szerint vett differentiális kifejezései.

Az elméleti physika feladata e szerint inkább abban áll, hogy a különféle tüneménykörökről a mechanikai felfogáshoz kerestessék az út, mert ez mint legegyszerűbb a legteljesebben fejlődött, mintsem hogy a mechanikától induljunk ki a különféle tünemények felé.

Lehetséges, hogy valaki irtózik szakítani az oly nézetekkel, melyek az ő felfogásában a tudománynyal magával összeforrtak. Nehezünkre eshetik, hogy lemondjunk a physikának megszokott és — mert kézzel foghatók — meg is szeretett hypothesiseiről, hogy cserében elfogadjunk oly feltevéseket, melyek a szemlélhetőségtől sokkal távolabbra esnek. De elvégre ezt kívánja a tudomány fejlődése. A physikában felállított fogalmak és elméletek csakis bizonyos élettartammal birnak, melynek befejezése után másoknak engednek helyet. Ily sorsra jut az atomelmélet és a mechanikai elmélet is. Az anyagot pótolja az energia, a mechanikai felfogás helyébe lép a physikai. Hogy ennek így kell történnie, az a dolog természetéből következik. A mint a gyermekben ébredő érzéki felfogás számára először a világos és a sötét érzete tűnik fel, mielőtt a színek különbségét és a tapintás érzékével egybevetés útján az alakok különféleségét észrevenné, úgy a tudományos felfogás is először az érzékileg legkönnyebben felfogható mechanikai tüneményeket értette át és azok kapcsolatát állapította meg. Ezért természetesnek látszik, hogy a később megismert tüneményekben is leginkább a mechanikai szempontot emelte ki. Ezen ismerettanilag teljesen igazolt fejlődésből azonban nem következik, hogy ez a dolog lényegének is megfelelné.

Az okvetetlenül egységes felfogásra törekvő tudomány iránya a tüneményekben nem talál mechanikai folyamatokat, hanem a mechanikai folyamatokban physikai folyamatokat lát. Már a capillaritas elmélete világos példa rá, hogy milyen erő-

szakolt a gravitatio-mechanikából kiinduló elmélet-alkotás, mely a többi moleculáris folyamatokban egyáltalában cserben hagy. A többi tüneménykörben, u. m. a fény-, hő-, elektromosság- és mágnességtanban még kirívóbb példákat tapasztalunk. Az elméleti physika e tekintetben erős vajudásban van, de van egy ragyogó fényű vezéresillaga, mely után igazodik kutatásának iránytűje: a tisztán physikai értelemben felfogott *energia* fogalma, melynek térben és időben történő változása alkotja a tünemények végtelen sokaságát. Ezen perspektiva annál kecsesgetőbb, mert némi kilátást nyújt arra nézve, hogy e téren megszűnik a materiális és immateriális világ örökös dilemmája, minthogy az energia oly agens, melyre nézve e különbség nem létezik. Végül pedig ne felejtjük el, hogy a tudományos fogalomalkotásban nem kerülhetjük el soha teljesen az anthropocentrikus elemet, mert mint PROTAGORAS mondja: «*πάντων χρημάτων μέτρον ἄνθρωπος*», minden dolognak mértéke maga az ember.

szeletek elméletében. 10 kr. — XXV. *Hunyady Jenő*. A pontokból vagy érintőkből és a conjugált háromszögből meghatározott kúpszelet nemének eldöntésére szolgáló kritériumok. 10 kr.

Nyolcozadik kötet.

I. szám. Astrophysikai megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón 1880-ban. *Konkoly Miklóstól*. Egy tábla rajzzal. — II. szám. Adatok Jupiter fizikájához az 1880-ik évből. Egy függelékkal. *Konkoly Miklóstól*. — III. szám. A Bolyai-féle algorithmus. *Dr. Farkas Gyulától*. — IV. szám. Napfoltok megfigyelése 1880-ban, és 1382 napfolt micrometricus mérése. *Konkoly Miklóstól*. Két tábla rajzzal. — V. szám. Hullócsillagok megfigyelése 1880-ban a magyar korona területén. V-ik rész. *Konkoly Miklóstól*. — VI. szám. Csillagászati megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón. *Konkoly Miklóstól*. — VII. szám. 102 hullócsillag kisugárzási pont, levezetve 518 megfigyelésből, melyek a magyar korona területén 1879. és 1880-ban tétettek. *Konkoly Miklóstól*. — VIII. szám. Új villámszáró vagy nyitókészülék normálórán, és a Jürgensen-féle óraszerkezet. *Konkoly Miklóstól*. Egy képtáblával. — IX. szám. Adatok Jupiter forgási elemeihez. *Dr. Kobold Ármintól*. — X. szám. A Hamilton-féle rendszerek és az elsőrendű partialis differentialegyenletek általános elmélete. Székk foglaló értekezés. *König Gyulától*. — XI. szám. A hadtudomány viszonya a többi tudományokhoz. *Kápolnai Pauer Istvántól*. Székk foglaló értekezés. — XII. szám. Egy negyedrendű felületről. *Hunyady Jenőtől*.

Kilenczodik kötet.

I. szám. Astrophysikai megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón. (Három táblával.) *Konkoly Miklóstól*. — II. szám. Az ó-gyallai csillagvizsgáló földrajzi szélessége. *Dr. Lakits Ferenczről*. — III. szám. A herényi astrophysikai observatorium leírása, és az abban tett megfigyelések 1881-ben. (Egy táblával.) *Gothard Jenőtől*. — IV. szám. Napfoltok és a nap felületének megfigyelése 1881-ben. *Konkoly Miklóstól*. — V. szám. Csillagászati megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón. *Konkoly Miklóstól*. — VI. szám. Hullócsillagok megfigyelése 1881-ben. *Konkoly Miklóstól*. — VII. szám. Adatok Jupiter és Mars fizikájához, az 1881. évi megfigyelésekből. (III. rész. Három táblával.) *Konkoly Miklóstól*. — VIII. szám. Az üstökösök vegytani alkotása. *Konkoly Miklóstól*. — IX. szám. Az 1871—1880. években, Magyarországon megfigyelt hullócsillagok pályaelemei. *Kövesligethy Radótlól*. — X. szám. Néhány determináns-egyenletről. *Hunyady Jenőtől*. — XI. Perspectiv helyzetű alakzatokról *Dr. Klug Lipóttól*. — XII. szám. Az elhajlott fény intenzitásának vizsgálata. (A math. és természettudományi állandó bizottság segélvezésével készült dolgozat. Tizenkét ábrával a szöveg között.) *Dr. Fröhlich Izortól*. — XIII. szám. Az algebrai egyenletek elméletéhez. *König Gyulától*.

Tizedik kötet.

I. A nap felületének megfigyelése 1882-ben. *Konkoly Miklóstól*. — II. Astrophysikai megfigyelések 1882-ben. a) A Wells-üstökös szinképe. b) A szeptemberi nagy üstökös szinképe. c) 9 Meteor szinképe. d) 115 állócsillag spectruma. e) Coloremetricus megfigyelések. *Konkoly Miklóstól*. — III. Hullócsillagok megfigyelése a magyar korona területén. 1882. *Konkoly Miklóstól*. — IV. Egy új reversio-spectroscop s annak használata. (Egy táblával.) *Konkoly Miklóstól*. — V. Az ó-gyallai csillagvizsgálón eszközölt csillagászati megfigyelések eredménye. 1882. *Konkoly Miklóstól*. — VI. Néhány szó az üstökösök vegytani alkotásáról, összehasonlítva a meteoritekkal. *Konkoly Miklóstól*. — VII. Egy új szerkezetű spectroscop. (Egy táblával.) *Konkoly Miklóstól*. — VIII. Astrophysikai megfigyelések a herényi observatoriumon, 1882. (Egy táblával.) *Gothard Jenőtől*. — IX. Adatok Jupiter és Mars bolygók fizikájához. (Három táblával.) *Gothard Sándortól*. — X. Egy új spectroscop. (Egy táblarajzzal.) *Gothard Jenőtől*. — XI. Astrophysikai megfigyelések 1883. (Egy

táblával.) I. rész. a) γ Cassiopejæ spectrums. b) α Ursæ minoris spectrums. c) A Swift üstökös spectrums. d) A Brooks üstökös spectrums. e) Colorimetricus megfigyelése 65 állócsillagnak. *Konkoly Miklóstól.*

Tizenegyedik kötet.

I. Astrophysikai megfigyelések 1883-ban, az ó-gyallai csillagdán. (II-ik rész, 3 tábla.) *Konkoly Miklóstól.* — II. A nap felületének megfigyelése 1883-ban, az ó-gyallai csillagdán. *Konkoly Miklóstól.* — III. Hullócsillagok megfigyelése a magyar korona területén 1883-ban. *Konkoly Miklóstól.* — IV. 615 állócsillag spectrums. A déli öv átkutatásának I. része. *Konkoly Miklóstól.* — V. Megfigyelések a herényi astrophysikai observatoriumon 1883-ban. (Két táblával.) *Gothard Jenőtől.* — VI. A Pons-Brooks üstökös spectroscopicus megfigyelése a herényi astrophysikai observatoriumon. (Két táblával.) *Gothard Jenőtől.* — VII. Csillagászati megfigyelések az ó-gyallai csillagdán 1883-ban. *Konkoly Miklóstól.* — VIII. Előleges vizsgálatok néhány szénhydrogén-gáz spectrumán, spectroscoppal és spectralphotometerrel. (3 táblával s 2 fametszettel.) *Konkoly Miklóstól.* — IX. Adatok Bolyai Farkas életrajzához. *Szily Kálmántól.* — X. A herényi astrophysikai observatorium sarkmagasságának meghatározása. *Gothard Jenőtől.*

Tizenkettedik kötet.

I. A napfoltok és a nap felületének megfigyelése az ó-gyallai csillagvizsgálón 1884-ben. (1 fametszettel.) *Konkoly Miklóstól.* — II. Astrophysikai megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón 1884-ben. (4 fametszettel.) *Konkoly Miklóstól.* — III. Az 1884. évi megfigyelések a herényi astrophysikai observatoriumon. (2 ábra és 3 táblával.) *Gothard Jenőtől.* — IV. Hulló-csillagok megfigyelése a m. korona területén 1884-ben. 26 radiatio ponttal. *Konkoly Miklóstól.* — V. 615 állócsillag spectrums. *Konkoly Miklóstól.* — VI. A napfoltok gyakoriassága 1872-től 1884 végéig. (2 könyomatu táblával.) *Konkoly Miklóstól.* — VII. Adatok Jupiter physikájához. (2 táblával.) *Konkoly Miklóstól.* — VIII. Tanulmányok az égítetek photographálása terén. (1 táblával.) *Gothard Jenőtől.* — IX. A Haynald-observatoriumban 1880–1884-ben megfigyelt napfoltok. *Hüniger Adolftól.* — X. Az 1873. VII. sz. Coggia-Winnecke-féle üstökös pályaszámítása. *Schulhof Lipóttól.* — XI. A folytonos spectrumok elmélete. *Kövesligethi Radóttól.*

Tizenharmadik kötet.

I. A földnehézség meghatározása Budapesten 1885-ben (4 táblával.) *Gruber Lajostól.* — II. Hulló csillagok megfigyelése a magyar korona területén 1885-ben. *Konkoly Miklóstól.* — III. 855 állócsillag spectrums. *Konkoly Miklóstól.*

Tizennegyedik kötet.

I. A dinamika alapegyenleteinek jelentéséről. *König Gyulától.* — II. Az orthogonális substitutió együtthatóinak paraméteres értékei. *Hunyady Jenőtől.* — III. Az orthogonális substitutió együtthatóinak paraméteres értékei. (Folytatása az előbbinek.) *Hunyady Jenőtől.* — IV. A lánczhidak merevítő tartóinak grafikai elméletéről. *Kherndl Antaltól.* — V. Együttesen lengő elemi mágnesek kölcsönös vonzása és tasztításai. *Fröhlich Izidortól.*

Tizenötödik kötet.

I. A vasutak jövedelmezőségéről, kapcsolatban a tarifák kérdésével. *Kisfaludi Liphay Sándortól.* — II. A Nova aurigæ spectrums, összehasonlítva néhány bolygószerű kőd spectrumával. *Gothard Jenőtől.* — III. Az Ampère-féle elemi törvények æquivalenceinek meghatározása. *Farkas Gyulától.* — IV. Folyadéksugarak. *Réthy Mórtól.*

